



(19) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

Patentschrift

(10) DE 198 15 645 C 1

(51) Int. Cl. 6:
H 05 K 7/20
H 02 M 1/00

(A)

(21) Aktenzeichen: 198 15 645.6-34
 (22) Anmeldetag: 7. 4. 98
 (43) Offenlegungstag: -
 (45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 19. 8. 99

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

(73) Patentinhaber:
Siemens AG, 80333 München, DE

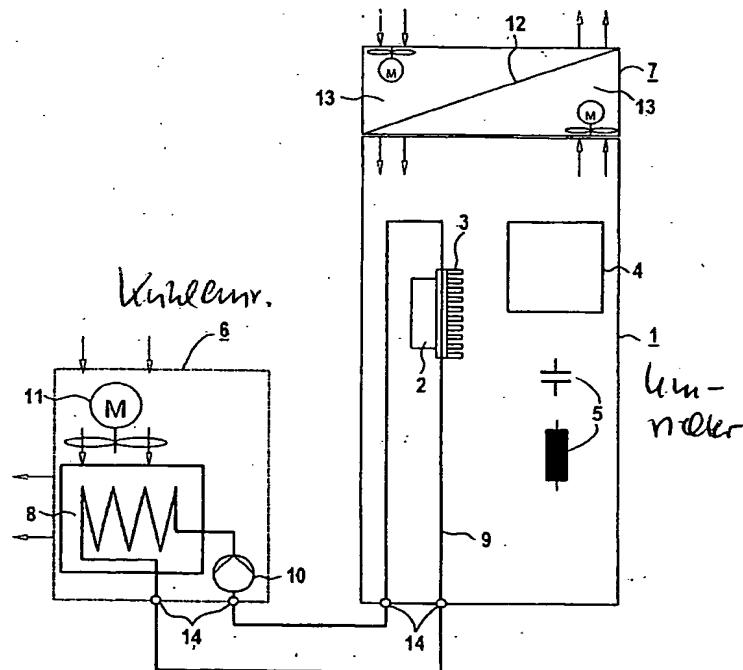
(72) Erfinder:
Dehlwes, Heiko, Dipl.-Ing., 91058 Erlangen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 1 96 01 456 A1
 DE 42 25 675 A1
 DE 41 25 528 A1
 DE 39 18 721 A1
 DE 2 97 17 480 U1
 DE 87 02 065 U1
 GB 21 13 012 A

(54) Umrichteranordnung mit Kühleinrichtung

(57) Es wird insbesondere ein Industrienumrichter mit einer in einem Gehäuse (1) angeordneten Umrichtermoduleneinheit (2) vorgestellt, deren Abwärme mittels einer Kühleinrichtung mit einem von einem flüssigen Wärmeträger durchströmten Hauptkühlkreis (9) abgeführt wird. Erfüllungsgemäß ist der Hauptkühlkreislauf (9) unter Bildung eines Wärmetauschers (8) mit einer Rückkühleinheit (6) mit gasförmigem Kühlmedium kombiniert, wobei die Kühlflüssigkeit aus dem Hauptkühlkreislauf (9) in der Rückkühleinheit (6) auf eine Temperatur rückgekühlt wird, die höher liegt als die Eingangstemperatur des gasförmigen Kühlmediums.



Beschreibung

Die Erfindung befaßt sich mit einer Umrichteranordnung entsprechend dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Unter einer Umrichteranordnung soll eine Anordnung von einem oder mehreren gleichrichtenden und/oder wechselrichtenden Umrichtern verstanden werden, die gegebenenfalls zusammen mit weiteren Elektronikbauteilen für den jeweiligen Anwendungsfall in einem geeigneten Gehäuse eingebaut sind.

In besondere bei Industriemodulen, wo die Umrichter meist in einem Schrank eingebaut sind, besteht das Problem, die hauptsächlich von den Umrichtern bzw. Umrichtermodulen erzeugte Wärme auf effiziente Weise aus dem Gehäuse abzuführen. Bekannt sind folgende Möglichkeiten einer Kühlung:

Bei der direkten Luftkühlung, die bei vielen industriellen Anwendungen eingesetzt wird, wird der gesamte Innenraum des Gehäuses des Industriemoduls, insbesondere die Leistungshalbleiter, Kondensatoren und die Steuerungselektronik, mit der Umgebungsluft gekühlt.

~~*Die direkte Luftkühlung ist im wesentlichen nur für Anwendungsfälle mit relativ sauberer, trockener und nicht aggressiver Umgebungsluft geeignet. Ansonsten müßten erhebliche Aufwendungen getroffen werden, um den Staub aus der Zuluft herauszufiltern und eine Belästigung der Teile im Gehäuse zu vermeiden. Die vorgenannte direkte Luftkühlung ist deshalb nicht ohne weiteres geeignet, Industriemodul in aggressiver Atmosphäre einzusetzen. Die Gehäuse (Schränke) können auch nicht in IP 54 oder IP 65 ausgeführt werden. Sie müßten dazu in klimatisierten Innenräumen oder Containern aufgestellt werden, was die Kosten und den Platzbedarf erheblich erhöhen würde.~~

Bei der indirekten Luftkühlung ist ein Innenluftkreis und ein Außenluftkreis vorgesehen. Der Innenkreislauf kühlte den gesamten Innenraum, wie bei der direkten Kühlung. Die Abwärme wird über einen Wärmetauscher an den Außenluftkreis abgegeben. Diese Variante kann, da der Innenluftkreislauf von dem Außenluftkreis unabhängig ist, auch bei staubhaltiger, feuchter und aggressiver Atmosphäre eingesetzt werden. Nachteilig ist jedoch der vergleichsweise schlechte Wirkungsgrad des Luft/Luft-Wärmetauschers. Diesen Nachteil könnte man zwar durch Erhöhung des Luftdurchsatzes beseitigen; In Kauf nehmen müßte man dann aber einen größeren Wärmetauscher mit höherer Geräuschemission durch die notwendigerweise stärker dimensionierten Lüftern.

Mit einer Wasserkühlung, bei der, wie beispielsweise in DE-42 25 675 aufgezeigt, die Leistungsbausteine eines Umrichtermoduls auf einen entsprechend ausgebildeten Kühlkörper aufgesetzt sind, der von Kühlwasser durchströmt wird, lassen sich zwar die vorgenannten Nachteile vermeiden; die derzeitig bekannten Lösungen erfordern aber bei Geräten die sowohl Leistungs- als auch Steuerungskomponenten enthalten relativ tiefe Kühlwassertemperaturen, welche bei den üblichen Umgebungstemperaturen von etwa 40°C nicht ohne Einsatz von zusätzlichen Kältegeräten oder nach dem Verdunstungsprinzip arbeitende Kühlseinrichtungen erreicht werden können. Der Einsatz von wassergekühlten Industriemodulen ist deshalb heutzutage auf jene Anwendungen begrenzt, wo zentrale Kühlsysteme mit Kühlwassertemperaturen von ca. 15 bis 20°C für die Umrichterkühlung vorhanden sind oder es benutzt werden können.

Überall dort, wo ein solches Kühlsystem nicht vorhanden ist, ist eine entsprechend aufwendige Nachkühlung mit zusätzlichen Kältegeräten bzw. Kühlseinrichtungen für die Rückkühlung notwendig, oder es müssen die Umrichter sehr

viel größer dimensioniert werden als technisch eigentlich notwendig. All diese Maßnahmen verteuern die Projekte bzw. erschweren deren Realisierung oder machen sie gar unmöglich.

- 5 Eine kombinierte Wasser/Luft-Kühlung, wie sie beispielsweise in der DE-41 25 528 zur Kühlung von wärmeerzeugenden elektronischen Teilen bei Großcomputern beschrieben ist, bei der zur Wärmeabfuhr bzw. Kühlung der Teile ein Wärmetauscher im Wasserkühlkreislauf über mehrere Ventilatoren von Luft überströmt wird, hat den Nachteil, daß die Anlage nicht in staubhaltiger Umgebungsluft eingesetzt werden kann. Die über die Ventilatoren von außen angesaugte schmutzbelastete Külluft würde nämlich die Funktion der im Schrank befindlichen Elektronikbauteile beeinträchtigen.
- 10 15

Der im Anspruch 1 angegebenen Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, demgegenüber eine Verbesserung zu erzielen. Insbesondere soll eine Industriemodulanordnung vorgestellt werden, bei der unter Beibehaltung der bisherigen Konzeption, die keine räumliche Trennung der Steuerungselektronik und der zusätzlichen elektronischen Bauteile, wie Kondensatoren, von den Umrichtermodulen vorzusehen ist, die mit möglichst niedrigen Kosten und geringem Platzbedarf erstellt werden kann und die insbesondere für die vorgenannten Sonderanwendungsfälle in staubhaltiger und aggressiver Umgebungsluft eingesetzt werden kann, ohne daß ein nennenswerter Eingriff in die vorhandene Konzeption der Anordnung notwendig ist.

Mit der Erfindung wird das Vorurteil überwunden, daß eine Wasserkühlung bei den ursprünglich für Luftkühlung ausgelegten Industriemodulen nur mit tiefen Wassertemperaturen, wie eingangs geschildert, funktioniere. Wie nachfolgend anhand mehrerer Ausführungsbeispiele aufgezeigt, kann die Wasserkühlung durch die erfindungsgemäß vorgeschlagene Kombination mit einem zweiten Kühlkreislauf bei normaler Umgebungsluft eingesetzt werden. Die Abfuhr der Wärme aus dem Innenraum im Gehäuse durch einen unabhängigen Luftkühlkreislauf erfolgt vorzugsweise mittels eines Luft/Luft-Wärmetauschers.

~~40 Zusätzliche Kältegeräte oder separate Kühlseinrichtungen werden somit nicht mehr benötigt. Außerdem brauchen keine größeren Umrichterbauteile als technisch notwendig vorgesehen zu werden.~~

Die nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispiele beziehen sich auf ein Industriemodul von 200 KW, das in einem schrankartigen Umrichtergehäuse angeordnet ist. Es zeigen:

Fig. 1 eine Kombination eines Flüssigkeitshauptkühlkreislaufs mit einer Luft-Rückkühlseinheit mit einer zusätzlichen Hilfskühlseinrichtung,

Fig. 2 die in Fig. 1 gezeigte Anordnung mit einer anderen Version der Hilfskühlseinrichtung,

Fig. 3 eine Variante bei der der Flüssigkeitshauptkühlkreislauf mit einer Luft/Flüssigkeits-Hilfskühlseinrichtung kombiniert ist,

Fig. 4 die in Fig. 3 gezeigte Variante mit einer Anordnung der Hilfskühlseinrichtung entsprechend Fig. 2,

Fig. 5 eine weitere Variante mit im Umrichtergehäuse integrierter Hilfskühlseinrichtung.

Die Fig. 1 zeigt in einer schematischen Darstellung eine erste Ausführungsform einer Kombination eines Flüssigkeitshauptkühlkreislaufs mit Rückkühlseinheit mit einer zusätzlichen Hilfskühlseinrichtung.

In einem schrankartigen Umrichtergehäuse 1 ist eine Umrichtermoduleinheit 2 angeordnet, die je nach Anwendungsfall eine Vielzahl von Umrichtermodulen (IGBT) enthalten kann. Die Umrichtermoduleinheit ist nach bekannter Konzeption aufgebaut und enthält einen Kühlkörper 3, auf dem

die Module aufgesetzt sind. Entsprechend der üblichen Konzeption sind im Umrichtergehäuse 1 weiterhin eine nicht näher erläuterte Steuerelektronik 4 sowie diverse weitere Elektronikbauteile 5 (Kondensatoren, Widerstände, etc.) untergebracht. Die in Betrieb des Industriemrichters entstehende Wärme wird im wesentlichen durch eine Rückkühleinheit 6 sowie zusätzlich durch eine Hilfskühleinrichtung 7 abgeführt. Die Rückkühleinheit 6 ist als Flüssigkeits/Luft-Rückkühleinheit ausgebildet und enthält einen Wärmetauscher 8, der in einen als Hauptkühlkreislauf definierten Flüssigkeitskühlkreislauf 9 eingebunden ist. Der Flüssigkeitskühlkreislauf 9 umfaßt eine Pumpe 10, die Kühlflüssigkeit, z. B. Wasser, durch den Kühlkörper 3 und den Wärmetauscher 8 pumpt. Wie durch Pfeile angedeutet, wird mit Hilfe eines Lüfters 11 Umgebungsluft von ca. 40°C angesaugt und nach Umstromen des Wärmetauschers wieder in die Atmosphäre abgeleitet. Der Luftstrom, der durch den Wärmetauscher führt, beträgt im aufgezeigten Anwendungsfall etwa 1830 m³/Stunde; der Wasserstrom im Flüssigkeitskühlkreislauf 9 beträgt etwa 36 l/Minute. In der Praxis ergibt sich hieraus im Flüssigkeitskühlkreislauf eine Temperaturabsenkung von etwa 2°C. Die Anlage ist so konzipiert, daß sich in Betrieb eine Vorräumtemperatur von etwa 55°C einstellt. Bei einer Absenkung um 2° ergibt sich somit eine Rücklauftemperatur von 53°C. Ein wesentliches Merkmal der vorgestellten Konzeption ist darin zu sehen, daß die Kühlflüssigkeit rückgekühlt wird (hier 53°C) weit über der Außenlufttemperatur (hier 40°C) liegt.

Um die im Umrichtergehäuse 1 entstehende Warmluft abzuführen, ist an der Oberseite des Gehäuses die bereits erwähnte Hilfskühleinrichtung 7 angeordnet, die einen Luft/Luft-Wärmetauscher 12 und zwei Lüfter 13 enthält. Der Wärmetauscher 12 kann eine Leistung von etwa 72 W/K abführen; der umgewälzte Luftstrom beträgt etwa 600 m³/Stunde. Bei einer angenommenen Umgebungsluft von 40°C und einer InnenTemperatur von 55°C kann so im Umrichtergehäuse eine Verlustleistung von etwa 1 kW abgeführt werden.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß die angegebenen Werte lediglich Anhaltswerte sind, die keineswegs als bindend anzusehen sind, da sich je nach Anwendungsfall, und zwar sowohl hinsichtlich des Leistungsbedarfs als auch hinsichtlich der verwendeten Kühlmedien, andere Werte ergeben können.

Die Rückkühleinheit 6 ist vorteilhafterweise als autarkes, d. h. vom Umrichtergehäuse 1 baulich unabhängiges und gegebenenfalls räumlich getrenntes Gerät ausgebildet, welches über Anschlüsse 14 und nicht näher bezeichnete Zu- und Rücklaufleitungen funktionell mit dem Umrichtergehäuse 1 verbunden ist. Die Wärme kann somit auf einem Abstand vom Umrichtergehäuse an die Umgebungsluft abgeführt werden, wodurch auch die Geräuschquelle für die Rückkühlung in unsensible Bereiche verlegt ist.

Die aufgezeigte Kombination hat den besonderen Vorteil, daß die im Umrichtergehäuse 1 entstehende Warmluft über die Hilfskühleinrichtung 7 und zwar durch indirekte Luftkühlung über den Luft/Wärmetauscher an die Umgebungsluft abgeführt werden kann. Es entfällt so die Notwendigkeit relativ tiefer KühlwasserTemperaturen bereitzustellen. Da der größte Teil der Abwärme in der Umrichtermoduleneinheit 2 entsteht, und diese direkt vom Wasserkreislauf über die Rückkühleinheit 6 nach außen abgeführt wird, brauchen über die Hilfskühleinrichtung 7 weniger als 20% der Abwärme abgeführt zu werden. Dieser vergleichsweise geringe Anteil kann über relativ kleine, preiswerte, gegebenenfalls handelsübliche Wärmetauscher abgeführt werden.

Die Fig. 2 zeigt eine Variante, bei der im Gegensatz zu der

Anordnung nach Fig. 1 die Hilfskühleinrichtung 7 mit dem Wärmetauscher 12 und den Lüftern 13 seitlich des Umrichtergehäuses 1 angeordnet ist, z. B. in Form einer Schranktür. Auch bei dieser Ausführungsform kann auf handelsübliche, relativ preiswerte Standard-Wärmetauscher zurückgegriffen werden.

Bei der Ausführungsform nach Fig. 3 enthält der Flüssigkeitskühlkreislauf 9 einen zusätzlichen Wärmetauscher 15, der Teil einer ebenfalls auf dem Dach des Umrichtergehäuses 1 aufgesetzten Hilfskühleinrichtung 16 ist. Diese Hilfskühleinrichtung 16 bildet einen Luft/Flüssigkeits-Wärmetauscher, der in sich geschlossen ist. Über den Lüfter 17 wird lediglich die Luft aus dem Schrankinneren über den Wärmetauscher 15 umgewälzt.

Die Fig. 4 zeigt eine Variante bei der der Wärmetauscher 15, wie in Fig. 2, seitlich neben dem Umrichtergehäuse z. B. in Form einer Schranktür angeordnet ist.

Bei der Variante nach Fig. 5 ist die Hilfskühleinrichtung mit dem Wärmetauscher 15 und dem Ventilator 20 im Inneren des Umrichtergehäuses 1 angeordnet, und zwar vorteilhafterweise im Vorlauf, also in der Zuleitung. Bei dieser Anordnung kann der meist ohnehin vorhandene Lüfter im Umrichtergehäuse mitgenutzt werden.

Die beschriebenen Ausführungsformen ermöglichen es, Großserien-Standard-Industriemrichter selbst mit vergleichsweise großen Leistungen ohne Änderung des Grundkonzepts auch in einem schwierigen Umfeld einzusetzen. Damit kann das Anwendungsbereich erheblich erweitert werden. So sind Anwendungen in Stahl- und Hüttenwerken, im Bergbau oder der Einsatz auf Schiffen oder in Häfen sowie in den Tropen denkbar, wo Sonderausführungen erforderlich wären. Weitere Anwendungen sind denkbar in Gruben, wo staubhaltige aggressive feuchte und warme Luft sowie wenig Platz zum Einbau der Geräte vorhanden ist. Weitere Einsatzmöglichkeiten sind im Fahrzeugbau, insbesondere im Schienenfahrzeugbau, z. B. bei Arbeitslokomotiven oder ähnlichen Sonderfahrzeugen, denkbar.

Patentansprüche

1. Umrichteranordnung mit einer in einem Gehäuse (1) angeordneten Umrichtermoduleneinheit (2), deren Abwärme mittels einer Kühleinrichtung mit einem von einem flüssigen Wärmeträger durchströmten Hauptkühlkreislauf (9) abgeführt wird, dadurch gekennzeichnet, daß der Hauptkühlkreislauf (9) unter Bildung eines Wärmetauschers (8) mit einer Rückkühleinheit (6) mit gasförmigem Kühlmedium kombiniert ist, wobei die Kühlflüssigkeit aus dem Hauptkühlkreislauf (9) in der Rückkühleinheit (6) auf eine Temperatur rückgekühlt wird, die höher liegt als die Eingangstemperatur, des gasförmigen Kühlmediums und daß dem Umrichtergehäuse (1) eine Hilfskühleinrichtung (7, 16, 18) mit Wärmetauscher (12, 15) zugeordnet ist, die die Luft im Umrichtergehäuse (1) ohne Luftzufuhr von außen rückkuhlt.

2. Umrichteranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Rückkühleinheit (6) als autarkes Gerät ausgebildet ist, welches mit dem Umrichtergehäuse (1) über Zu- und Rücklaufleitungen funktionell verbindbar ist.

3. Umrichteranordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Rückkühleinheit (6) als Flüssigkeit/Luft-Kühleinheit ausgeführt ist.

4. Umrichteranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Hilfskühleinrichtung (7) im Inneren des Umrichtergehäuses (1) vorgesehen ist.

5. Umrichteranordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Hilfskühleinrichtung (7) einen im Hauptkühlkreislauf (9) angeordneten weiteren, von Luft umströmten Wärmetauscher (15) enthält.
6. Umrichteranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Hilfskühleinrichtung (7) mit dem Wärmetauscher (15) am Umrichtergehäuse (1) an oder aufgesetzt ist.
7. Umrichteranordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem schrankartig ausgebildeten Umrichtergehäuse (1) die Hilfskühleinrichtung (7) als Schranktür ausgebildet ist.
8. Umrichteranordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem schrankartig ausgebildeten Umrichtergehäuse (1) die Hilfskühleinrichtung (7) auf der Oberseite des Umrichtergehäuses (1) angeordnet ist.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

O

O

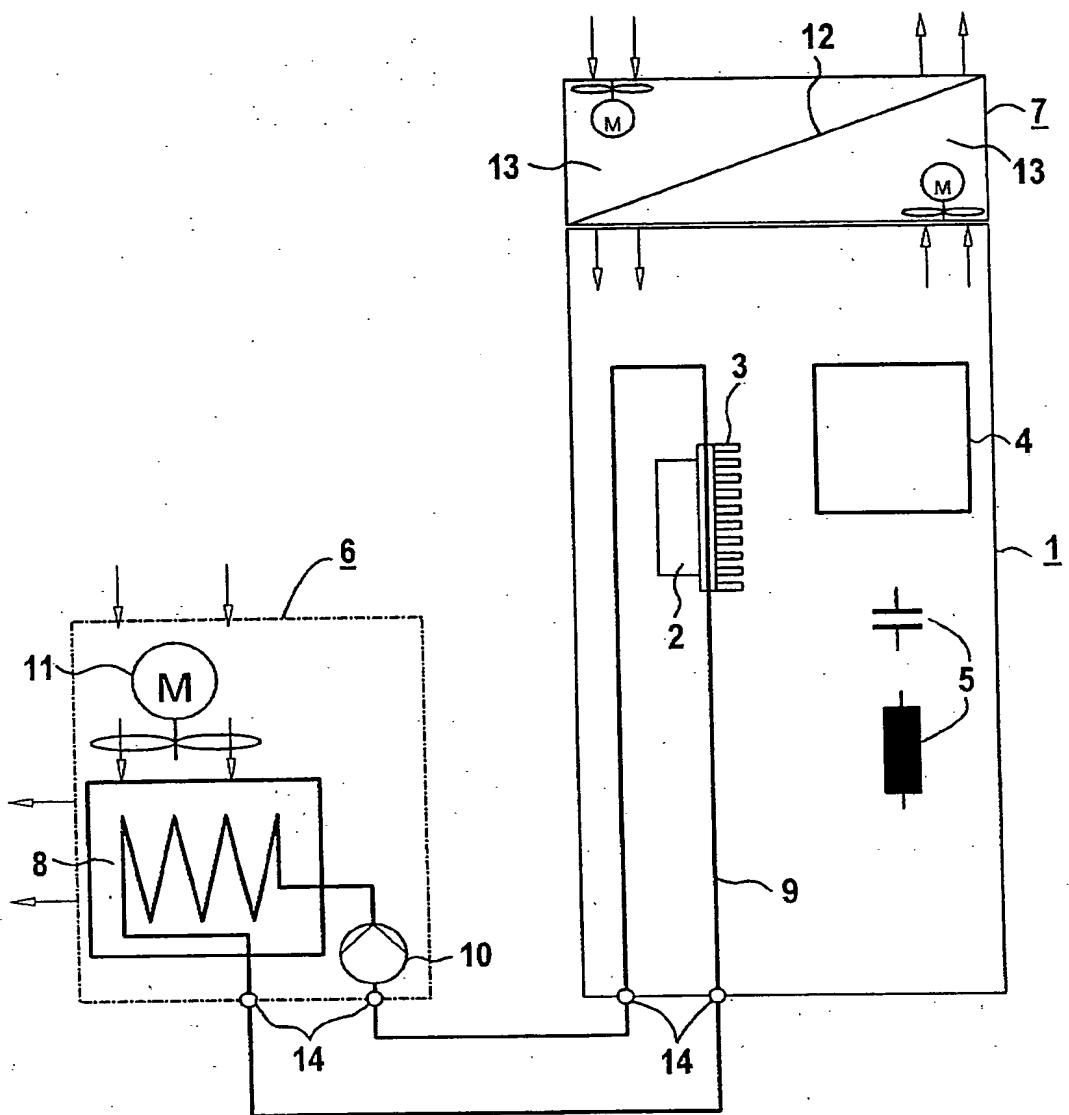


FIG 1

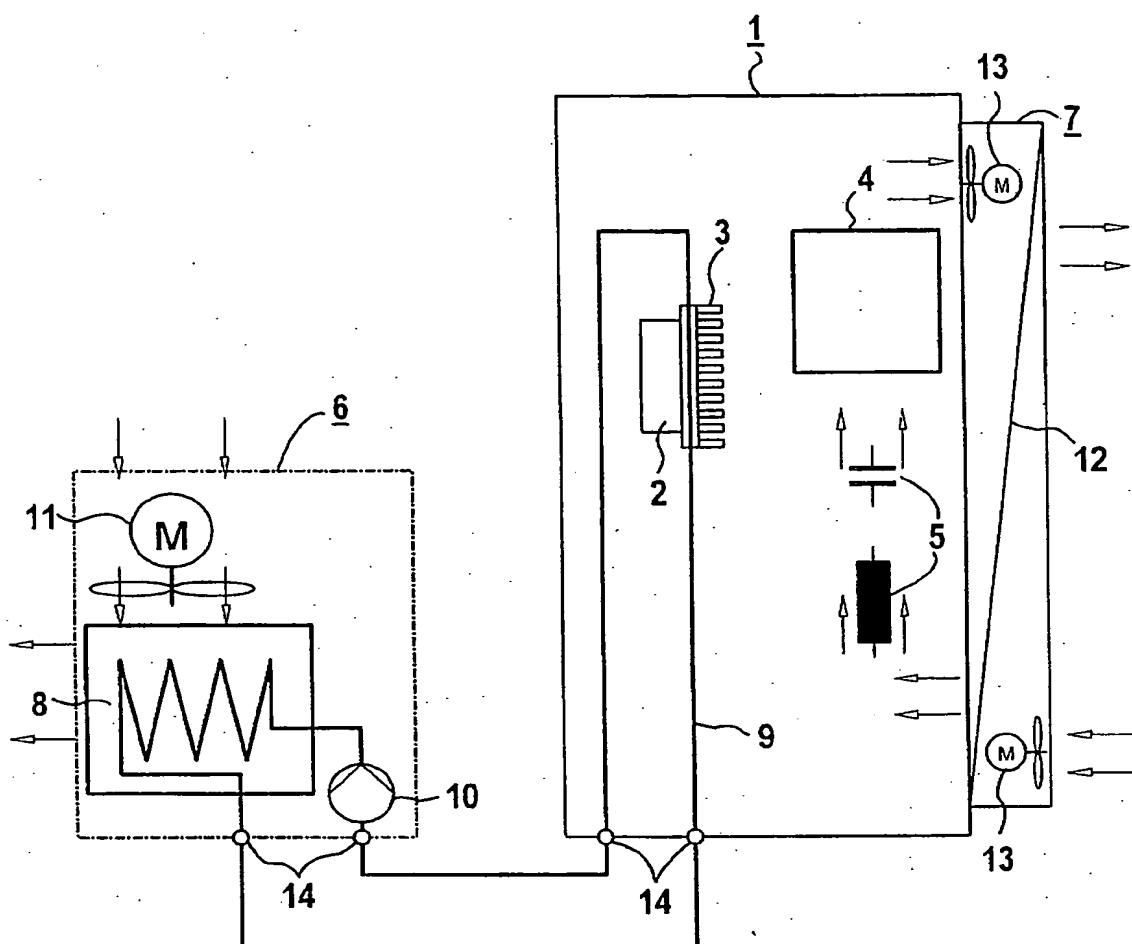


FIG 2

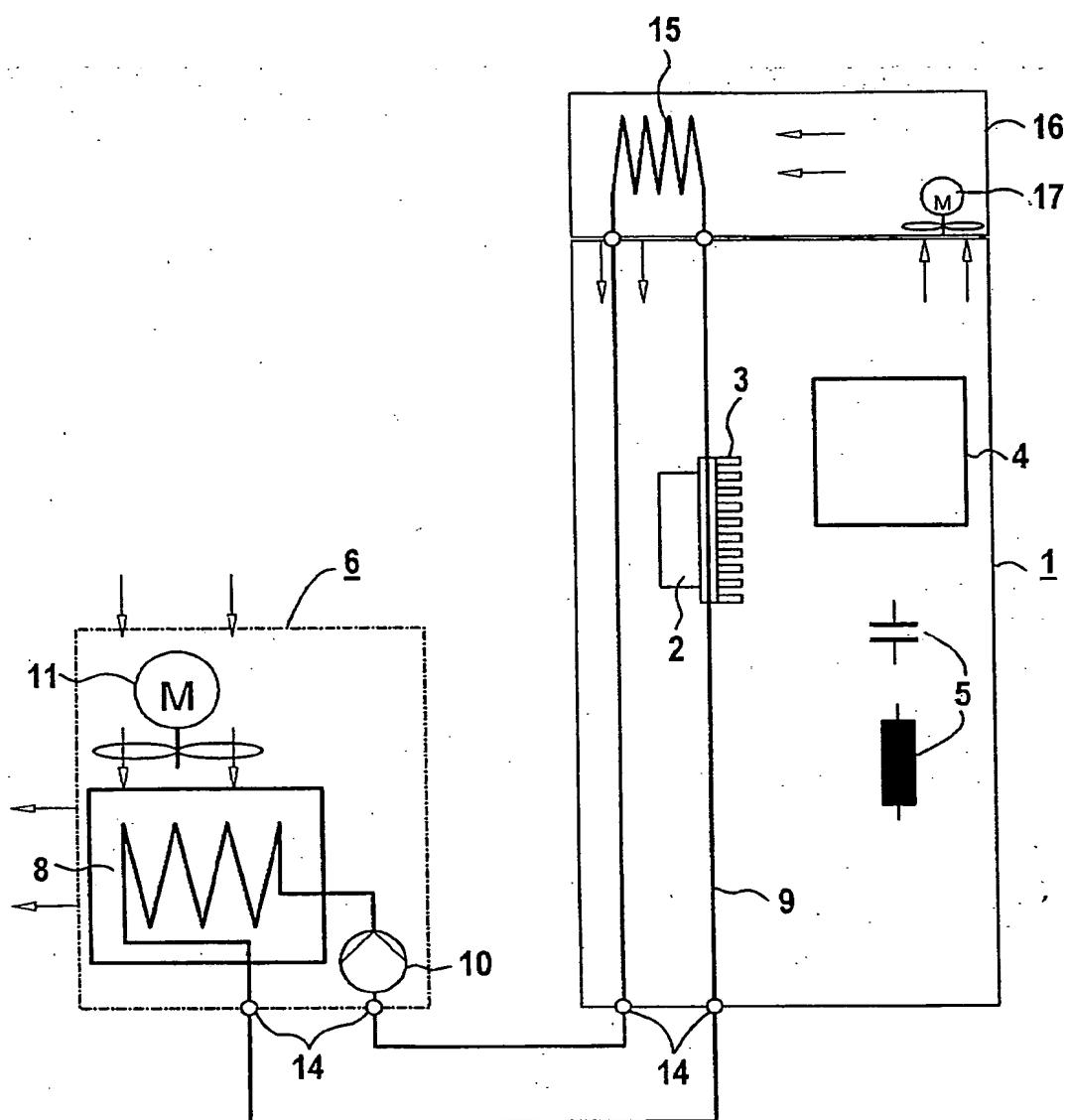
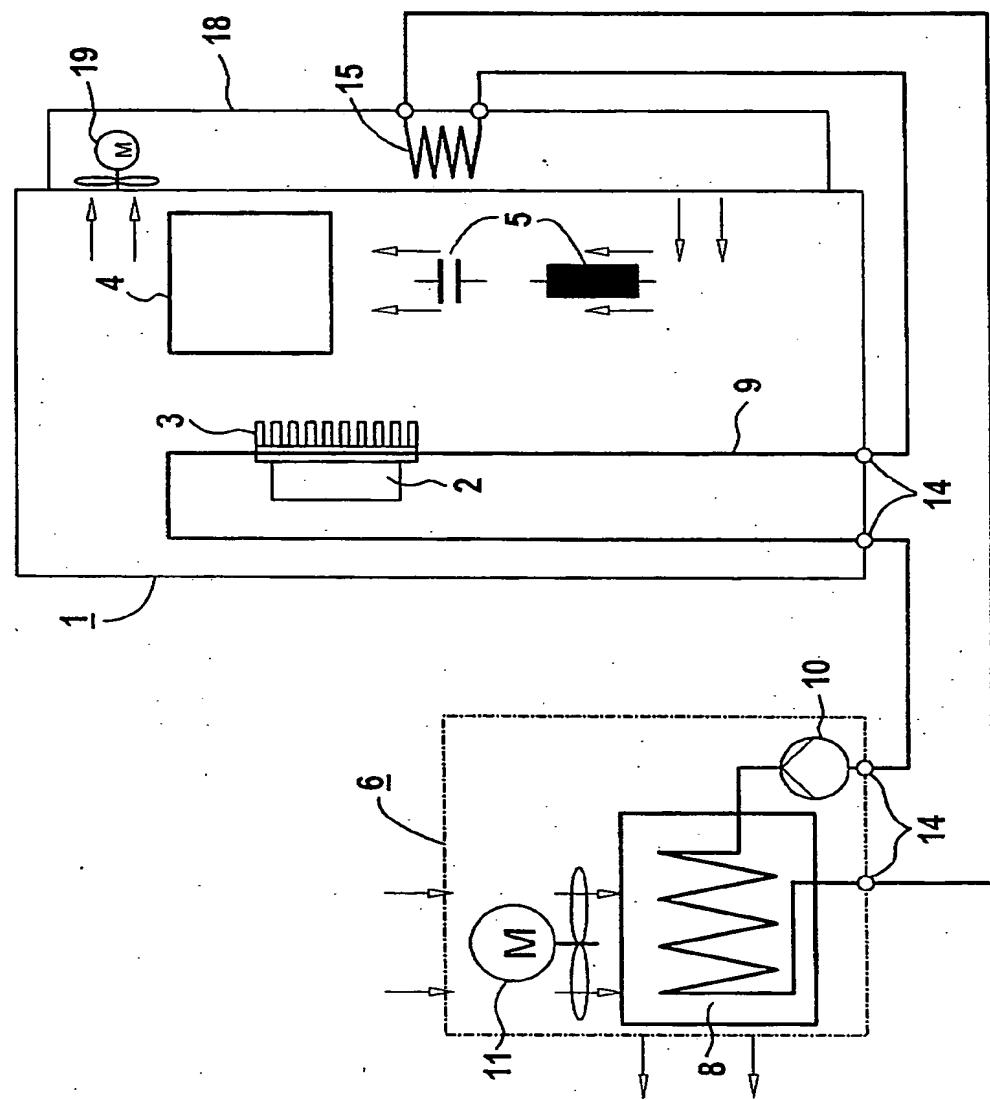


FIG 3

FIG 4



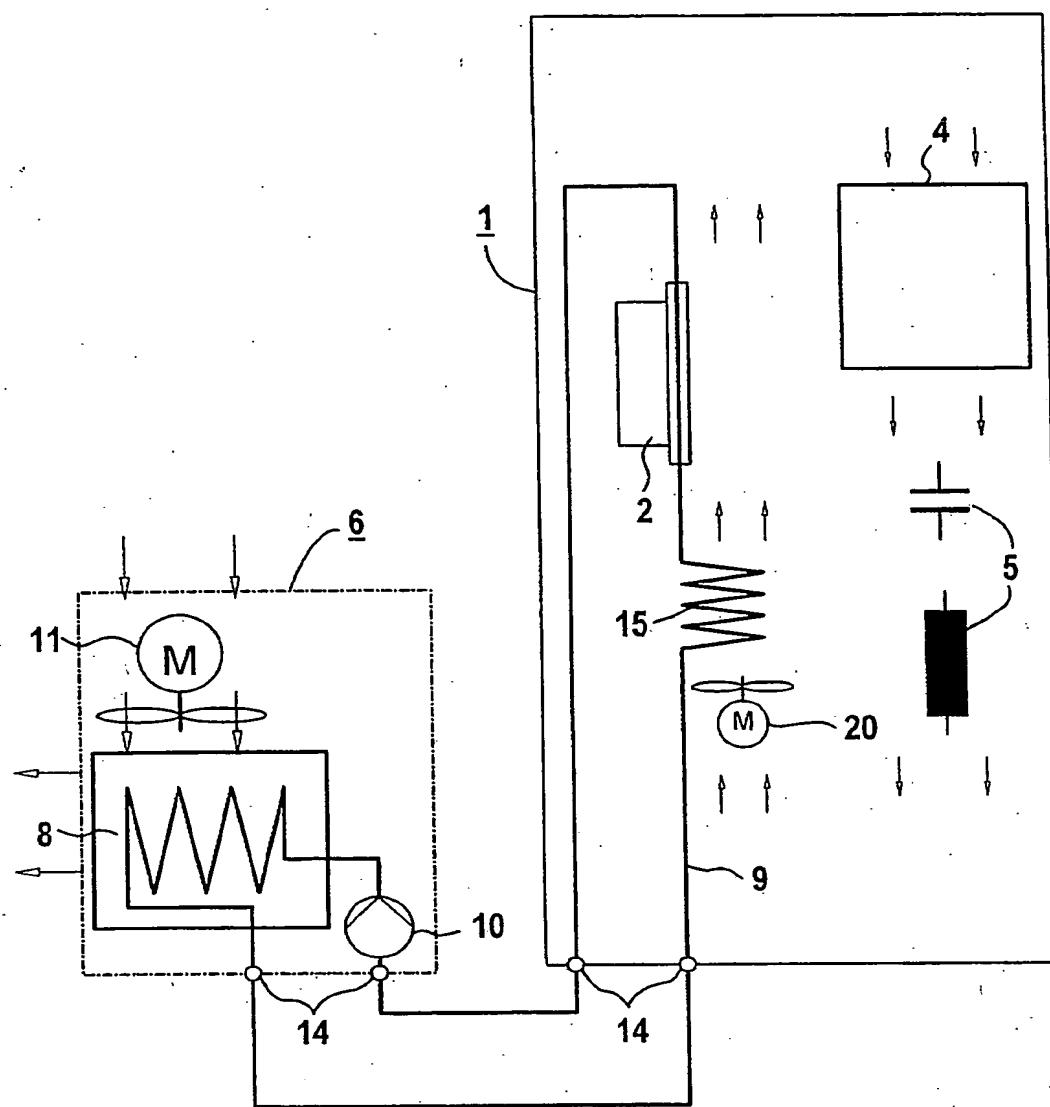


FIG 5